EDUQ
8870805

Lionel Leblanc, B.A., B.Sc.A., Ing.,
Professeur d'électrotechnique au Collège de Granby

Le taux de réussite dans les CEGEP: Est-il réaliste de chercher à l'accroître?

Étude théorique relative à l'exploitation
d'un modèle mathématique fondé sur
la courbe temporelle d'apprentissage
conjuguée à divers types de
distributions statistiques.

Granby, janvier 1989.

Niveau(x) d'enseignement: 7 Numéro EDuQ : 0870005
Centre d'intérêt: 540

Leblanc, Lionel.

Le taux de réussite dans les CEGEP : est-il réaliste de chercher à l'accroître? : [étude théorique relative à l'exploitation d'un modèle mathématique fondé sur la courbe temporelle d'apprentissage conjuguée à divers types de distributions statistiques] / Lionel Leblanc. -- Granby : [Collège de Granby?], 1989.
30 p. : ill. ; 28 cm.

Titre de départ. Notes bibliogr. au bas des p.

Vedette(s)-secondaire(s): Collège de Granby

Descripteur(s): Succès scolaire * Rendement scolaire * Collégial (Ordre d'enseignement)

Le but de l'étude est de déterminer, à l'aide d'un modèle mathématique fondé sur la courbe d'apprentissage et différents types de distributions statistiques, s'il est réaliste de songer à accroître le taux de réussite au collégial. La première partie montre qu'il est possible, en principe, d'augmenter à volonté le taux de réussite pourvu qu'on augmente la quantité d'activités pédagogiques. En pratique cependant, dès que l'on veut hausser d'une manière significative le taux de réussite, il faut augmenter d'une façon très importante la quantité d'activités pédagogiques. La deuxième partie montre un inconvénient sérieux découlant de la tentative de récupération des moins bons étudiants en vue de rehausser le taux de réussite. La troisième partie montre que, en réalité, les efforts et les inconvénients relatifs à l'augmentation du taux de réussite sont encore beaucoup plus importants que ne le dicte le modèle mathématique fondé sur la seule distribution gaussienne des notes. La principale recommandation qui se dégage de l'étude consiste à cesser de vouloir augmenter à tout prix le taux de réussite.

Type de document: r

EDUQ
8870006

Lionel Leblanc, B.A., B.Sc.A., Ing., professeur au Collège de Granby

Le taux de réussite dans les CEGEP est-il réaliste de songer à l'accroître?

Table des matières

	Page
Etat de la question	2
But de l'étude	4
Les postulats initiaux	5
Première partie	6
Méthodologie	6
Modèle mathématique	6
Pertinence du modèle mathématique	7
Application du modèle mathématique	8
Accroissement de la note d'un étudiant	9
Augmentation du taux de réussite	12
Conclusion de la première partie	15
Deuxième partie	16
Démobilisation des meilleurs étudiants	16
Parametrisation de la démobilisation des étudiants	16
L'unité de démobilisation	18
Croissance de la démobilisation	19
Conclusion de la deuxième partie	20
Troisième partie	22
Ajustement des résultats théoriques	22
Distribution bimodale des notes scolaires	23
Conclusion de la troisième partie	26
Conclusion de l'étude	27
Commentaires et recommandations	28

Etat de la question

Depuis quelque temps déjà, on s'interroge sur le taux de réussite dans les CEGEP. En juin 1988, le Conseil des Collèges publiait un document[1] traitant de cette délicate question. De nombreux comités d'aide à l'apprentissage ont également été constitués dans les collèges afin d'apporter des correctifs à une situation que certains trouvent déplorable et inadmissible.

Depuis le début de la période visée par la récente étude du Conseil des Collèges, le taux de réussite au Collégial serait, selon ce même Conseil, demeuré à peu près constant. Certains considèrent cette constance comme une manifestation de l'indifférence des institutions et des professeurs envers une telle situation[2].

Ne faudrait-il pas voir plutôt, dans cette invariance, la manifestation d'un phénomène plus fondamental dont les causes profondes échappent à ceux-là mêmes qui la dénoncent?

Cette dernière hypothèse est née de l'absence totale de concensus en regard d'éventuels remèdes à employer pour accroître le taux de réussite des collégiens, à supposer que cela soit possible.

En effet, comment se fait-il qu'autant de personnes, oeuvrant dans tous les secteurs de l'éducation, ne puissent pas parvenir à s'entendre sur l'adoption de correctifs précis et efficaces? Les correctifs suggérés, apparaissant dans la quatrième partie du rapport du Conseil des Collèges, même s'ils ne sont pas nécessairement mauvais, ne s'attaquent pas au coeur du problème.

Serait-ce l'absence d'un modèle cohérent décrivant le rôle de l'enseignement collégial qui rend impossible la mise en oeuvre de solutions efficaces? A force de vouloir concilier la polyvalence et la qualité de la formation avec l'universalité et la gratuité des services, compte tenu des privilèges afférents aux différentes chartes des droits de la personne, ne demande-t-on pas à une chose d'être et de ne pas être, simultanément, et sous le même rapport (principe métaphysique de contradiction)?

---

1 CONSEIL DES COLLEGES, LA REUSSITE, LES ECHECS ET LES ABANDONS AU COLLEGIAL. L'état et les besoins de l'enseignement collégial. JUIN 1988

2 Document précité, page 14, dernier paragraphe.

Le Conseil des Collèges, même s'il fait sienne la thèse de l'importance d'une scolarisation poussée, ne semble pas se préoccuper d'harmoniser la rentabilité immédiate des institutions d'enseignement avec l'investissement à long terme que représente l'éducation publique. Proposer des solutions au problème du taux de réussite dans les Collèges ne peut pas être envisagé sans connaître l'ampleur des moyens à déployer ni les bénéfices qui en découleront à long terme. Refuser un cadre d'étude plus large, afin de résoudre le problème des échecs scolaires, tant au Collégial qu'aux autres niveaux, ne pourra jamais corriger le soi-disant malaise dénoncé. Toutes les suggestions émises, en l'absence d'un modèle cohérent d'analyse, iront gonfler les flots des nobles intentions et des voeux pieux dont la seule fonction consiste à donner bonne conscience à ceux qui les énoncent.

But de l'étude

La présente étude vise à évaluer l'importance des efforts à déployer pour accroître le taux de réussite des étudiants fréquentant les CEGEP.

Il sera aussi question, dans un second temps, de l'impact négatif découlant du souci exagéré de diminuer les échecs.

Dans la troisième partie, on fera un ajustement des résultats théoriques de la présente étude en regard des situations réelles.

Cette étude n'apporte cependant aucune solution miraculeuse pour diminuer le taux des échecs au Collégial. La connaissance quantitative des efforts supplémentaires requis pour accroître le taux de réussite au-delà de la valeur actuelle permettra aux principaux intéressés de déterminer s'il est réaliste de chercher à réduire, coûte que coûte, le nombre des échecs.

La présente étude ne cherche pas à établir un lien de causalité entre le taux de réussite et les nombreux parametres qui, de toute évidence, influent sur le rendement scolaire. En adoptant une telle attitude, la présente recherche ne vise pas à faire la morale, ni à déplorer les lacunes provenant du cours secondaire[1]. Pour augmenter le taux de réussite, il s'agit simplement de recourir à des techniques déjà éprouvées. Ces dernières consistent à graduer plus finement le contenu d'un cours, puis à l'étaler sur une plus grande durée des activités pédagogiques.

---

[1] Le rapport du Conseil des Collèges ne recommande-t-il pas de cesser de déplorer les lacunes provenant du Secondaire!

Les postulats initiaux

1- Les concepts de réussite et d'échec ne s'appliquent qu'à un seul et même cours.

2- Tous les étudiants inscrits à ce cours possèdent des prérequis scolaires identiques.

3- Tous les étudiants suivant ce cours possèdent le potentiel intellectuel brut suffisant pour atteindre parfaitement tous les objectifs du cours visé.

4- L'hétérogénéité des résultats scolaires individuels, à un moment donné, ne provient que du rythme d'apprentissage qui diffère chez les divers étudiants inscrits à ce cours.

5- La maîtrise des habiletés, concomitantes à l'atteinte des objectifs du cours, est une fonction exponentielle assymptotique du temps.

6- Le niveau et la fréquence des actes pédagogiques sont constants en regard du temps.

Première partie

Méthodologie

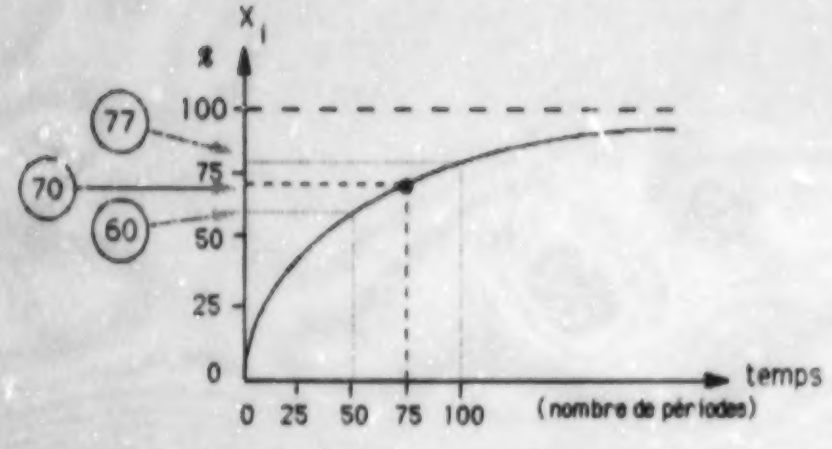
La quantité d'efforts à déployer pour accroître le taux de réussite est déterminée à partir d'un modèle mathématique dont la pertinence sera démontrée plus loin dans ce document. Les efforts supplémentaires seront mesurés en fonction des efforts déjà déployés. De cette façon, il sera plus aisé de se faire une idée réaliste quant au surcroît d'efforts requis.

Le modèle mathématique

En dépit du fait qu'il soit assez difficile de décrire l'évolution temporelle de la maîtrise d'une habileté spécifique chez tout individu, pris isolément, il n'en demeure pas moins que cette évolution, observée au sein d'un grand groupe, peut être décrit fidèlement par la fonction mathématique suivante:

$$X_i = 100 . (1 - e^{-k_i t})$$

où: X_i : note (en %) décrivant la maîtrise de l'habileté mesurée du $i^{ème}$ étudiant.
e : nombre de Néper (2.718281...).
t : temps (exprimé sous forme d'un coefficient de la durée de la session).
k_i : constante propre au $i^{ème}$ étudiant (rythme d'apprentissage).



Graphique illustrant la **fonction temporelle de l'apprentissage** (postulat 5).

Le graphique montre bien l'évolution de la maîtrise d'une habilete en fonction du temps consacré au développement de cette habilete. On note que l'évolution est rapide au début, puis plus lente par la suite. Les valeurs numériques apparaissant sur ce graphique ne visent qu'à illustrer l'allure caractéristique de ce type de courbe.

Au bout de 50 périodes, le $i^{ème}$ étudiant a atteint 60% des objectifs fixés. Au bout de 75 périodes, les objectifs atteints correspondent à 70% des objectifs fixés, soit une augmentation de 10 points de pourcentage. Au bout de 100 périodes, c'est-à-dire en ajoutant une durée égale à l'intervalle déjà écoulé, la maîtrise n'atteint que 77%, soit seulement 7 points de pourcentage de plus. On peut déduire que, même en doublant le nombre de périodes d'entraînement, la maîtrise n'atteindra pas encore 100% des objectifs fixés.

L'explication de cette croissance réduite tient au fait que, au début de tout apprentissage, il a d'abord la mémorisation d'un ensemble de postulats, de conventions et de faits d'observation. Pendant cette période, l'apprentissage, quoique parcellaire, progresse rapidement. Par la suite, il y a la formulation de règles simples qui constituent les premières difficultés. Alors que la quantité de connaissances s'accroît, on assiste à une légère diminution du rythme d'apprentissage. Plus tard, l'étudiant devra composer avec des règles d'ordre supérieur qui le forceront à établir des liens avec plusieurs règles simples vues précédemment. C'est à ce moment-là que le rythme de la progression connaît sa plus forte diminution.

Pertinence du modèle mathématique

La fonction mathématique décrite précédemment semble appropriée pour décrire l'évolution des connaissances acquises dans beaucoup de matières enseignées au niveau collégial. Les mathématiques, la chimie, la physique, les divers cours d'électrotechnique fournissent autant d'occasions de vérifier l'allure exponentielle de la maîtrise d'un savoir. Toutes ces matières possèdent des corpus très articulés et les professeurs qui les enseignent ont un souci bien marqué de l'évaluation des progrès atteints par leurs étudiants. On reconnaît l'allure de la distribution des notes attribuées dans ces disciplines à la valeur des paramètres statistiques afférants. Habituellement, la moyenne arithmétique des notes ne dépasse pas, par plus

de 10 points, la limite de passage (60%) tandis que l'écart-type est plutôt élevé (de 12% à 20%, parfois même au-delà de 20%).

Une vérification expérimentale de la pertinence de cette fonction fut faite dans l'étude intitulée **SONDE 707**[1]. Le contenu de la matière faisant l'objet de l'examen qui fut à l'origine de cette étude se prête particulièrement bien à la mesure quantitative. Les niveaux de difficultés sont très variés. La connaissance des tables d'addition et de multiplication constituent des règles simples, tandis que l'utilisation de ces tables, dans des opérations effectuées sur divers ensembles de nombres, fait intervenir des règles d'ordre supérieur.

Application du modèle mathématique:

La fonction mathématique décrite précédemment permet donc d'établir une correspondance entre le temps et le degré de maîtrise atteint par un étudiant type. Puisque le postulat 6 permet d'établir une proportionnalité directe entre le temps écoulé et la quantité d'actes pédagogiques posés, le nombre de périodes de cours dispensés devient donc une mesure des actes pédagogiques posés.

Les postulats 2 et 3 justifient la fixation des niveaux extrêmes des habiletés instantanées, c'est-à-dire à des moments précis. La similitude des prérequis fixe le seuil initial (postulat 2) tandis que le potentiel intellectuel détermine l'atteinte complète des objectifs fixés (postulat 3).

Le postulat 4 permet l'explication de la disparité des niveaux instantanés d'habileté chez les divers étudiants inscrits à un même cours.

---

[1] Lionel Leblanc, ing., SONDE 707 et ANALYSE DE SONDE 707, Mont-Laurier 1973. Il s'agit d'un examen de 24 questions portant sur des opérations arithmétiques reliées à toutes les combinaisons possibles entre les divers ensembles de nombres. 707 élèves provenant de 3 niveaux du Secondaire (Sec. III, Sec. IV, Sec. V) ont participé à cet examen. Des vérifications des résultats de SONDE 707 furent faites en 1976 et en 1979 à la suite de deux autres examens dont l'ampleur fut comparable à celle du premier. Le premier examen fut administré à des élèves qui avaient tous complétés la 7e année. Les autres examens furent administré à des élèves qui n'avaient pas complété la 7e année. L'administration de cet examen fut conduit par une quinzaine de professeurs qui, sous la direction de Lionel Leblanc, respectèrent fidèlement des consignes strictes et uniformes. Beaucoup d'autres vérifications ponctuelles furent faites par la suite sur de petits groupes d'élèves. A partir des paramètres calculés dans SONDE 707, on construisit d'autres examens, ne comportant que quelques questions, et pour lesquels il était possible de prédire exactement la note moyenne obtenue selon le niveau des étudiants auxquels ils devaient être administrés.

Il est à noter que les postulats 2 et 3 tirent leur existence d'une décision arbitraire tandis que le postulat 4 découle logiquement de ces premiers à la suite de faits d'observation.

Le postulat 1 permet de restreindre l'obtention du D.E.C. à la réussite d'un seul cours afin de simplifier l'application du modèle.

Accroissement de la note d'un étudiant

Soit à accroître la note d'un étudiant inscrit dans un cours spécifique. Sachant que les objectifs terminaux du cours ne peuvent pas être modifiés pour quelque étudiant que ce soit à l'intérieur d'un même groupe, la solution consiste donc à augmenter le nombre d'actes pédagogiques chez ce goupe. En pratique, la matière à couvrir sera découpée en un plus grand nombre de plus petits modules. Le nombre d'exercices imposés aux étudiants sera augmenté, ce qui permettra de graduer davantage les difficultés de ces exercices. De cette façon, on pourra accroître, au-dessus de la note de passage, la maîtrise des habiletés des étudiants qui, autrement, auraient obtenu un échec.

Le modèle mathématique permet de calculer le nombre de périodes d'enseignement requis pour obtenir la majoration d'une note désirée. Sachant que le nombre actuel de périodes de cours doit produire l'atteinte de 60% des objectifs prévus, la fonction exponentielle permet de calculer le nombre supplémentaire de périodes requis pour majorer à 60% toute note inférieure à ce seuil.

Exemple:

Soit à majorer à 60% la note actuelle de 52% d'un certain étudiant.

L'équation $X_i = 100 . (1 - e^{-k_i \cdot t})$ devient:

$$X_p = 100 . (1 - e^{-k_i (t+\partial t)}) \qquad \text{(équation \#1)}$$

où: X_p : Note de passage, soit 60%.
∂t : Temps supplémentaire (ou nombre de périodes).
k_i : Rythme d'apprentissage de l'étudiant visé.

Le rythme d'apprentissage de l'étudiant est déterminé à partir de la note obtenue au bout du nombre régulier de périodes d'enseignement.

Pour ce faire l'équation $X_t = 100\ (1 - e^{-k_1 t})$ devient

$$52 = 100\ (1 - e^{-k_1 t})$$

Puis, après transformation, le rythme d'apprentissage est déterminé

$$k_1 = -\ln 0.48 = 0.733$$

Substituant cette dernière valeur dans l'équation #1, on obtient:

$$60 = 100\ (1 - e^{-0.733\,(1+\partial t)}) \quad \text{(équation \#2)}$$

La solution de l'équation #2 donne:

$$\partial t = 0.25$$

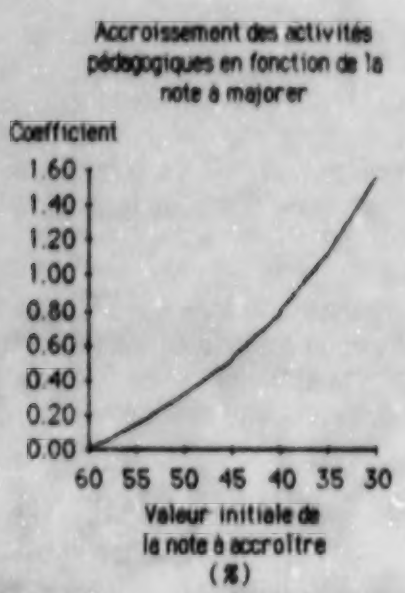
Donc, pour assurer la réussite à un étudiant qui n'aurait obtenu que 52% à la fin d'une session régulière, comptant 75 périodes, il faudrait ajouter l'équivalent d'un quart de session, soit 19 périodes (75 x 0.25).

On trouvera, dans le tableau suivant, le temps supplémentaire d'enseignement requis pour assurer la réussite des étudiants ayant obtenu des résultats inférieurs à 60% (limite de passage).

TABLEAU I

Note obtenue %	Temps supplémentaire requis (coefficient)	Périodes supplémentaires requises (rég.=75 pér.)
60	0.00	0
55	0.15	11
50	0.32	24
45	0.53	40
40	0.79	60
35	1.13	85
30	1.57	118

25	2.19	164
20	3.11	233
15	4.64	348
10	7.70	577
5	16.86	1265



Le graphique ci-haut représente une partie du tableau précédent. Il montre la croissance exponentielle des activités pédagogiques requises pour majorer, jusqu'au seuil de réussite, les notes inférieures à la limite de passage. Plus la note initiale s'écarte de 60%, plus il faut augmenter les activités pédagogiques pour assurer la réussite. Par exemple, il ne faut augmenter que de 15% (soit 11 périodes) la durée des activités pédagogiques requises pour faire réussir un étudiant dont la note, après une session régulière (comptant 75 périodes), est de 55%. Par contre, il faudrait ajouter 40 périodes pour faire réussir un étudiant qui n'aurait obtenu que 45% à la fin d'une session régulière. On constate que même si l'écart séparant le second étudiant de la réussite n'est que le triple du premier, il lui faut cependant recevoir environ le quadruple des cours supplémentaires pour atteindre le même degré de connaissance.

Cette progression exponentielle des efforts supplémentaires requis pour assurer le succès aux étudiants qui n'ont pas réussi à atteindre 60%, à la fin d'une session régulière, inquiète beaucoup. Il ne faut pas oublier que les 11 périodes supplémentaires requises pour procurer le succès à l'étudiant,

auquel il ne manque que 5 points, represente tout de même des activites réparties sur 2 1/5 semaines (à raison de 5 périodes/semaine) selon le calendrier scolaire régulier. Que penser alors des 40 periodes supplémentaires réparties sur 8 semaines (2 mois) !

Augmentation du taux de réussite

Maintenant qu'il est possible de calculer le nombre de périodes supplémentaires requises pour assurer la réussite d'un étudiant qui ne peut pas atteindre le seuil de passage au bout d'une session régulière, on s'appliquera à déterminer les efforts requis pour majorer le taux de réussite de tout un groupe.

Pour établir la correspondance entre l'accroissement du taux de réussite d'un groupe d'étudiants et le nombre de périodes supplémentaires requises, il faut d'abord connaître la distribution des notes du groupe visé. L'exemple qui suit permet de comprendre les concepts sous-jacents au présent problème.

Exemple

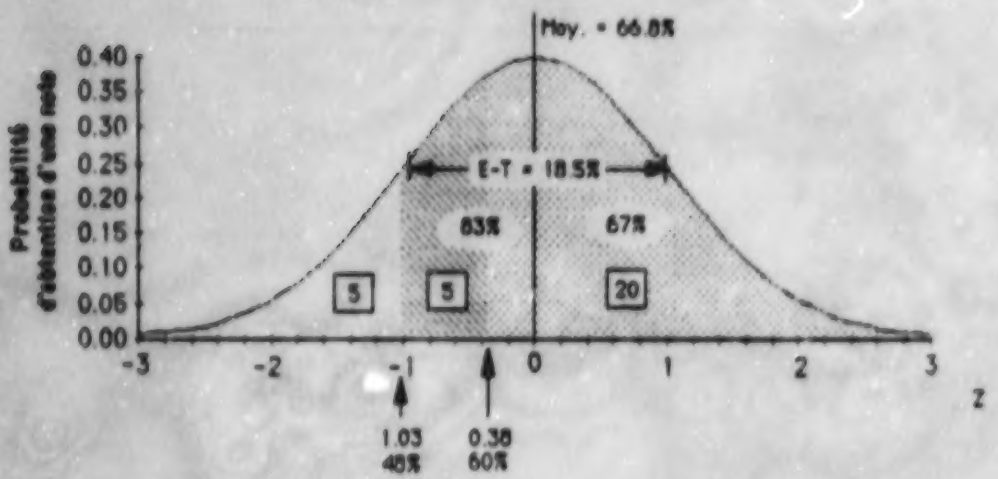
Soit un groupe de 30 étudiants qui affiche habituellement un taux de réussite de 67% (20 individus réussissent) dans un cours spécifique. On veut majorer ce taux à 83% (25 étudiants doivent réussir). De combien de périodes supplémentaires ce cours doit-il être allongé?

Sachant que 67% de la population de ce groupe a obtenu une note égale ou supérieure à 60%, quelle serait la note (initialement inférieure à 60%) qui permettrait d'englober 83% de la population totale?

Pour trouver une réponse à cette question, il faut d'abord connaître le type de distribution des notes de ce groupe ainsi que les principaux paramètres statistiques de celle-ci, à savoir la moyenne arithmétique et l'écart-type (mesure de la dispersion des notes autour de la moyenne arithmétique). Sachant que la distribution est du type gaussien, que la moyenne arithmétique est de 66.8% et que l'écart-type est de 18.5%, on peut affirmer que 83% de la population du groupe affiche une note égale ou supérieure à 48% (cette valeur correspond à la cote $z = -1.03$ (abscisse de la courbe gaussienne).

Donc, pour porter le taux de réussite de 67% à 83% et permettre à 5 étudiants de plus de réussir le cours, il faut, selon la fonction déjà décrite, multiplier le nombre initial de périodes par un coefficient de 1.4, ce qui équivaut à ajouter 30 périodes (sachant que le nombre régulier de périodes est de 75). Ce faisant, les étudiants qui ont obtenu des notes égales ou supérieures à 48% pourront se mériter 60% ou plus, ce qui leur assurera la réussite.

Distribution gaussienne des notes



La courbe montre une distribution de notes centrées autour de la valeur moyenne (66.8%). L'étalement correspond à un écart-type de 18.5%. Les étudiants qui réussissent avec le nombre régulier de périodes correspondent à la portion pointillée de la surface sous la courbe (67% de la population totale). Les étudiants qui ont été promus par suite du prolongement de 30 périodes sont représentés par la bande hachurée.

On peut donc constater qu'une augmentation de 40% du nombre de périodes (30 périodes de plus) n'a contribué à accroître le taux de réussite que de 25% (soit 25 étudiants promus plutôt que 20). On peut alors conclure, à l'examen de ces résultats, qu'il n'y a pas de retour proportionnel sur l'investissement supplémentaire des efforts en vue d'accroître le taux de réussite.

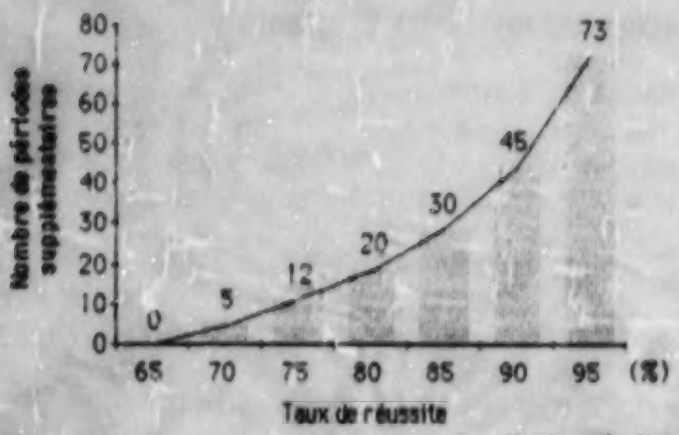
Le tableau suivant montre l'augmentation des activités pédagogiques qui devraient être déployées en fonction du taux prévu de reussite. Les valeurs apparaissant dans ce tableau ont été calculées selon la méthode precédente.

TABLEAU 2

Taux de réussite (%)	cote "z"	Note min. à hausser (%)	Allongement des activités pédagogiques	
			Coeff.	Périodes
0.65	0.38	60	0.00	0
0.70	0.52	57	0.07	5
0.75	0.67	55	0.16	12
0.80	0.84	52	0.26	20
0.85	1.03	48	0.39	30
0.90	1.28	44	0.60	45
0.95	1.64	37	0.98	73
0.96	1.75	35	1.12	84
0.97	1.88	33	1.31	99
0.98	2.05	30	1.61	121
0.99	2.32	25	2.23	167

On constate, à la lecture des valeurs du tableau 2, que toute majoration appréciable du taux de réussite entraîne une augmentation considérable du nombre de périodes d'activités pédagogiques. Cette augmentation est exponentielle, comme en fait foi le graphique suivant.

Graphique montrant le nombre de périodes supplémentaires requises en fonction du taux de réussite désiré.



Nombre régulier de périodes = 75

Conclusion de la première partie

Il devient hallucinant de constater l'importance croissante du nombre de périodes qu'il faut dispenser pour assurer la réussite à un nombre relativement faible d'étudiants.

Un tel phénomène entraîne des problèmes pratiques très importants. A supposer que les Collèges acceptent d'augmenter le taux de réussite en augmentant le nombre de périodes de cours, on devra faire face, non seulement à des coûts financiers accrus, mais aussi à une pénurie de locaux.

De plus, un autre phénomène indésirable ne manquera pas, certes, de se produire. Il s'agit de la perte d'intérêt, chez les meilleurs étudiants, par suite d'une diminution marquée du rythme consécutif à l'augmentation trop importante des périodes de cours. Ce problème fait l'objet de la deuxième partie de la présente étude.

Deuxième partie

Démobilisation des meilleurs étudiants

La démobilisation des meilleurs étudiants est un phénomène bien connu des professeurs qui, devant enseigner à un groupe hétérogène, ont choisi d'aider en priorité les plus faibles. Dans un tel cas, on assiste à une perte d'intérêt chez les meilleurs étudiants, ce qui ne manque pas d'affecter tout le groupe.

Le maintient de l'intérêt chez les étudiants est relié au défi que présente la maîtrise de tout nouvel apprentissage. Pour maintenir l'intérêt, il faut donc maintenir un certain rythme dans la poursuite des activités pédagogiques. Alors qu'un rythme trop rapide inhibe la compréhension des étudiants faibles, un rythme trop lent démobilise les plus forts.

Augmenter le nombre de périodes en vue de rehausser le taux de réussite sera certainement bénéfique aux étudiants les plus faibles. Mais quel sera l'impact de ce remède sur la démobilisation des meilleurs étudiants ?

Paramétrisation de la démobilisation des étudiants

Comment mesurer la démobilisation, ou perte d'intérêt, chez les étudiants? L'intérêt est certainement lié au défi d'apprendre quelque chose de nouveau. On peut déduire que l'intérêt d'un étudiant tire son existence de l'écart qui existe entre les connaissances nouvelles à acquérir et l'état de ses propres connaissances à un moment donné.

Selon ce raisonnement, l'étudiant qui ne sait rien sera très intéressé à participer aux activités pédagogiques qui lui procureront le savoir tant convoité. Au fur et à mesure que s'accroîtra le niveau de connaissance, l'écart ayant été comblé partiellement, on assistera à un baisse de l'intérêt, d'où une certaine démobilisation en regard des activités pédagogiques destinées à accroître les connaissances.

Il ne serait pas très réaliste de mesurer l'intérêt (ou la démobilisation) en ne se fondant que sur l'écart invoqué précédemment car, selon ce critère, les étudiants les plus faibles éprouveraient le même intérêt que les étudiants les plus forts. Or, il est un fait d'observation reconnu, chez tous les

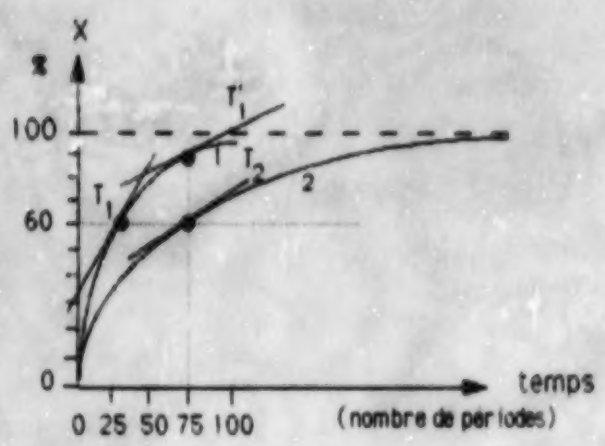
professeurs, que les étudiants les plus faibles éprouvent un intérêt moindre que les plus forts. Comment faire alors pour tenir compte de ce phénomène?

Au lieu de considérer l'écart entre les connaissances à acquérir et les connaissances déjà acquises comme une indication de l'intérêt, on établit plutôt un lien avec le rythme d'apprentissage[1]. Ainsi, selon cette nouvelle façon de voir, l'intérêt devient d'autant plus intense que le rythme d'apprentissage est rapide. Le rythme d'apprentissage est lui même déterminé par l'écart des connaissances, invoqué précédemment, ainsi que par une caractéristique propre à chacun des étudiants, à savoir leur capacité respective de compréhension et de synthèse de la matière enseignée.

Puisque l'intérêt manifesté est fonction du rythme d'apprentissage, on peut donc relier cet intérêt à la pente de la tangente au point considéré sur la courbe représentative de la fonction temporelle de l'apprentissage. Le graphique qui suit illustre ce concept.

On constate que, pour un même étudiant, la pente diminue au fur et à mesure de l'augmentation des objectifs atteints. La pente est maximum au début et nulle lorsque tous les objectifs sont atteints. A un moment donné, les pentes de deux tangentes à deux courbes différentes différeront. Ceci est une conséquence du postulat 4 qui est décrite par la constante $k_{i,}$ [2]

La pente de la tangente, en tout point de la courbe, correspond à la dérivée première de la fonction. La pente est grande au début, mais elle diminue progressivement avec le temps.



[1] On entend, par rythme d'apprentissage, le taux de variation de la fonction d'apprentissage. La fonction d'apprentissage est décrite par le graphique de la page 6.

[2] Voir la légende de l'équation de X = f(t) (modèle mathématique) à la page 6.

On remarque que la pente de T_1 est beaucoup plus grande que la pente de T_2 même si la note atteinte représente la même valeur que celle atteinte par la courbe 2. Par contre, au bout d'un certain temps, la pente de la tangente à la courbe 1 finira par diminuer (T_1'). Lorsqu'il y aura égalité entre les pentes des deux courbes, la note atteinte par la courbe 1 sera cependant plus élevée que celle de la courbe 2.

La référence utilisée pour le calcul de la démobilisation a été choisie comme étant la valeur numérique de la pente de la tangente (m_0), à la courbe d'apprentissage, au point correspondant à l'atteinte du seuil de passage (60%) au bout d'une session régulière complète (75 périodes). Ce choix provient des nombreuses observations à l'effet que les étudiants qui réussissent tout juste à obtenir 60%, à la fin d'une session, ne nourrissent pas, habituellement, d'autres ambitions que la seule atteinte du seuil de réussite. La tangente T_2 montre la pente de référence.

Donc, pour l'étudiant "i", le quotient m_0/m_i donne une indication de la démobilisation de celui-ci (où m = pente de la tangente). Un quotient de valeur égale à 2 indique que l'étutiant "i" est deux fois plus démobilisé, à la fin de la session, que l'étudiant qui a tout juste obtenu le seuil de passage (60%).

Dans le but de rendre possible les comparaisons entre tous les niveaux d'acquisition de connaissances, on recourt à une échelle logarithmique. On crée ainsi une unité relative à caractère additif, du même type que les unités servant à mesurer les niveaux sonores (décibels).

L'unité de démobilisation

La démobilisation de l'étudiant "i" est calculé au moyen de la formule suivante:

$$D_i = \log_2 m_0/m_i$$

où: D = Nombre d'unités de démobilisation.

Le logarithme de base 2 a été choisi de façon à ce que chaque augmentation de la démobilisation, allant du simple au double, corresponde à une unité.

Croissance de la démobilisation

Le tableau qui suit montre la distribution des notes d'un groupe de 30 étudiants. Le taux de réussite de ce groupe est de 65%. On désire augmenter le taux de réussite à 85%. Le tableau montre d'abord la note obtenue par chacun des étudiants à la fin d'une session de durée régulière, puis ensuite la note qu'ils obtiendraient par suite de l'augmentation du nombre de périodes de cours. Les indices de démobilisation (D) sont affichés tant pour la session régulière que pour celle qui est allongée.

TABLEAU 3

Notes (%)		Unités de démobilisation (D)		
Session régulière	Session allongée	Session régulière	Session allongée	Ecart
93	97	1.0	2.7	1.7
89	95	0.6	2.0	1.4
87	94	0.5	1.8	1.3
81	91	0.2	1.3	1.1
80	90	0.2	1.2	1.0
77	88	0.1	1.1	1.0
74	85	0.1	0.9	0.9
72	84	0.0	0.9	0.8
70	82	0.0	0.8	0.8
70	82	0.0	0.8	0.8
70	82	0.0	0.8	0.8
68	80	0.0	0.8	0.7
68	80	0.0	0.8	0.7
66	79	0.0	0.7	0.7
66	79	0.0	0.7	0.7
65	78	0.0	0.7	0.7
61	74	0.0	0.6	0.6
61	74	0.0	0.6	0.6
60	73	0.0	0.6	0.6
60	73	0.0	0.6	0.6
57	70	0.0	0.6	0.6
56	69	0.0	0.6	0.5
50	63	0.1	0.5	0.5
49	62	0.1	0.5	0.4
47	60	0.1	0.5	0.4
46	59	0.1	0.5	0.4
44	56	0.2	0.6	0.4
44	56	0.2	0.6	0.4
42	54	0.2	0.6	0.4
36	47	0.4	0.7	0.3
Moyenne: 63.6	75.2			
Ecart-type: 14.7	13.3			

On remarque que les notes n'ont pas augmenté uniformément. L'augmentation de la note, autour de la limite de passage, est de 13 points. Par contre, l'étudiant le plus fort ne voit sa note majorée que de 3 points. Puisque les notes fortes n'ont pas été majorées de façon appréciable, on retourve alors, chez ces étudiants, une plus grande démobilisation.

Dans le cas d'une session régulière, on pourra sans doute trouver acceptable qu'il y ait un étudiant qui commence à afficher une certaine démobilisation (1 unité est attribuée à l'étudiant qui a obtenu 93%). Que penser cependant de l'augmentation de la démobilisation qui a cours lors de la session prolongée? On retrouve 6 étudiants dont la démobilisation est devenue supérieure à celle qu'affichait le meilleur étudiant au cours de la session régulière. De plus, la démobilisation s'est accrue d'une façon importante chez tous les bons étudiants.

Si on fait le calcul de la moyenne des unités de démobilisation auprès de la strate supérieure (30% de la population totale, soit les deux premiers rangs cinquièmes), on constate que cette valeur est passée de 0.3 à 1.4 avec l'allongement de la session. Le même calcul, effectué auprès de la strate inférieure, donne 0.2 et 0.6.

Conclusion de la deuxième partie

On note que les étudiants les plus forts sont affectés davantage que les étudiants les plus faibles. Ceci est en accord avec l'expérience pratique des professeurs d'expérience. Plus exactement, la démobilisation des meilleurs étudiants du groupe est supérieure de 1.1 unité dans le cas de la session prolongée en regard de la valeur correspondant à la session régulière. Etant donnée la nature logarithmique de l'unité employée, la démobilisation s'est accrûe d'un peu plus que le double chez les meilleurs étudiants.

Pour augmenter le taux de réussite d'un groupe d'étudiants de 65% à 85%, il a fallu ajouter 30 périodes supplémentaires à une session régulière qui en comptait déjà 75. Ce correctif porte ses fruits en ce sens qu'il permet à plus d'étudiants de réussir, mais à quel prix ! Cependant, il est inquiétant de constater la démobilisation importante, principalement chez les meilleurs étudiants, qui résulte de l'augmentation des activités pédagogiques.

La démobilisation, qui commençait tout juste à se manifester alors que le taux de réussite n'était que de 65%, prend une tournure très marquée dans le cas d'un taux de réussite de 85%. Il est à se demander si ce n'est pas de faire fausse route que de vouloir augmenter le taux de réussite au-delà de la valeur actuelle !

Troisième partie

Ajustement des résultats théoriques

Les résultats obtenus au moyen du modèle mathématique, dans les deux premières parties de la présente étude, ne correspondent pas nécessairement à la réalité. En effet, puisque certains postulats sur lesquels repose le modèle ne sont pas très réalistes, il y a lieu de corriger les inexactitudes qui en découlent. Il ne faut pas perdre de vue que les postulats initiaux ne furent énoncés que pour simplifier l'approche de la question qui, autrement, aurait été beaucoup trop complexe pour qu'il ne soit possible d'en dégager quelque ligne directrice que ce soit.

Ainsi, le postulat 2 ne correspond nullement à la réalité car les étudiants n'ont pas tous les mêmes prérequis lors de leur arrivée au Collégial. A titre d'exemple, les étudiants venant des institutions d'enseignement privé semblent défavorisés en regard de ceux qui ont fréquenté les écoles secondaires publiques[1]. Le postulat 3 n'est pas très réaliste non plus. Les étudiants n'ont pas tous le même potentiel intellectuel. Les nombreux tests psychométriques à cet effet témoignent bien d'une telle réalité !

Les remarques du paragraphe précédent modifient la portée du postulat 4 touchant le rythme d'acquisition des connaissances. La disparité des notes scolaires ne peut donc pas être attribuée au seul rythme d'acquisition des connaissances. Pour certains étudiants, le retard initial est tel qu'il leur est impossible de suivre les activités pédagogiques en cours. Pour d'autres, la déficience du potentiel intellectuel impose un plafonnement venant limiter la note maximum à atteindre (abaissement de l'assymptote fixée, pour tous les étudiants, à 100%). Ce plafonnement est aussi responsable d'une réduction supplémentaire dans le taux d'acquisition des connaissances (cf.: calcul de la pente de la tangente à un point de la courbe d'apprentissage). Les étudiants les plus faibles d'un groupe sont donc handicapés sous ces rapports.

Enfin, un certain nombre d'autres causes ne sont pas prises en compte dans les postulats initiaux. Il s'agit du mauvais comportement de certains étudiants qui, par suite de problèmes variés, ne sont pas aptes à profiter des activités pédagogiques offertes. Pour ces derniers étudiants, le

---

[1] Selon la récente étude du Laboratoire de recherche en administration et politiques scolaires de l'Université Laval.

postulat 5 n'est pas représentatif de l'évolution de l'acquisition des connaissances. Les notes scolaires obtenues par ces étudiants n'ont habituellement aucune signification en regard des connaissances acquises. Celles-ci ne proviennent que des marges d'incertitudes inhérentes à tout processus de mesure (analogie avec le niveau de bruit dans un canal de communication).

Les résultats fournis par le modèle mathématique, fondé sur les postulats initiaux, sont trop optimistes. En réalité, les bienfaits découlant de l'augmentation des activités pédagogiques risquent d'être beaucoup moins évidents qu'on pourrait le croire maintenant.

Distribution bimodale des notes scolaires

Dans la réalité, on ne retrouve pas souvent une distribution purement gaussienne des notes scolaires. Les phénomènes décrits précédemment ont tendance à produire une distribution bimodale. En effet, c'est la grande disparité des notes scolaires qui est à l'origine de ce type de distribution. On observe que des notes très dispersées autour de la valeur moyenne (écart-type dépassant 15%) ont tendance à produire une déformation de la courbe gaussienne. On pourrait d'ailleurs démontrer que, dans ce cas, la gamme allant de 0 à 100 points est insuffisante pour différentier correctement les étudiants d'un tel groupe[1].

Lorsque l'écart-type dépasse la valeur de 20%, les deux sous-groupes possèdent, du point de vue statistique, des caractéristiques tout à fait distinctes. Habituellement cette affirmation peut être faite avec un niveau de certitude de 95%, ce qui représente une conclusion très probante.

Le tableau qui suit montre la liste des notes obtenues par un groupe de 30 étudiants. La distribution est bimodale. La moyenne arithmétique est de 58.0% et l'écart-type est de 22.9%. Ces notes sont tout à fait représentative d'un groupe hétérogène. On peut aussi bien rencontrer une telle distribution dans un groupe de physique générale au cours secondaire que dans un cours d'électrotechnique au niveau collégial. Une telle distribution de notes n'a rien d'exceptionnel. Il arrive à l'occasion de voir un écart-type qui atteint, et même dépasse, la valeur de 25%.

---

[1] Lionel Leblanc, Ecart-type et indice de discrimination, Mont-Laurier 1973-78.

TABLEAU 4

Notes (%)	Aire sous la courbe à droite de la note (taux de réussite)	Notes (%)	Aire sous la courbe à droite de la note (taux de réussite)
96	0.03	48	0.53
90	0.07	46	0.57
89	0.10	45	0.60
89	0.13	43	0.63
88	0.17	41	0.67
88	0.20	39	0.70
85	0.23	38	0.73
84	0.27	38	0.77
82	0.30	37	0.80
76	0.33	36	0.83
64	0.37	33	0.87
64	0.40	33	0.90
63	0.43	32	0.93
61	0.47	29	0.97
54	0.50	29	1.00

Si l'on veut, dans le cas de la distribution précédente, rehausser à 85% le taux de réussite, on doit récupérer tous les étudiants dont la note est égale ou supérieure à 35%. Cette condition est beaucoup plus exigeante que celle qui s'appliquait à la distribution unimodale, et purement gaussienne, ayant déjà fait l'objet du présent rapport (cf.: distribution précédente dans laquelle la note de récupération était de 48%).

Le nombre requis des périodes supplémentaires d'activités pédagogiques s'élève donc aux environs de 85. Ce nombre dépasse de beaucoup la durée régulière initialement prévue, à savoir 75 périodes. L'impact de cet allongement sur la démobilisation des étudiants n'est pas négligeable, comme en fait foi le tableau 5 que voici.

TABLEAU 5

Notes (%)		Unités de démobilisation (D)		
Session régulière	Session allongée	Session régulière	Session allongée	Ecart
96	99	1.5	7.0	5.4
90	99	0.7	4.6	3.9
89	99	0.6	4.3	3.7
89	99	0.6	4.3	3.7
88	99	0.5	4.1	3.6
88	99	0.5	4.1	3.6
85	98	0.4	3.6	3.2
84	98	0.3	3.4	3.1
82	97	0.2	3.1	2.9
76	95	0.1	2.5	2.4
64	89	0.0	1.7	1.7
64	89	0.0	1.7	1.7
63	88	0.0	1.7	1.7
61	87	0.0	1.6	1.6
54	81	0.0	1.4	1.3
48	76	0.1	1.2	1.1
46	73	0.1	1.2	1.0
45	72	0.2	1.2	1.0
43	70	0.2	1.1	1.0
41	68	0.2	1.1	0.9
39	66	0.3	1.1	0.8
38	64	0.3	1.1	0.8
38	64	0.3	1.1	0.8
37	63	0.3	1.1	0.8
36	62	0.4	1.1	0.8
33	58	0.4	1.1	0.7
33	58	0.4	1.1	0.7
32	56	0.5	1.1	0.7
29	52	0.6	1.2	0.6
29	52	0.6	1.2	0.6
Moy.: 58.0%	78.9%			
E-T: 22.9%	17.0%			

La démobilisation des étudiants, principalement les plus forts, est alarmante. En effet, le coefficient de démobilisation moyen des 2 premiers cinquièmes (c'est-à-dire les plus forts, comptant pour 30% de la population du groupe) est passé de 0.6 (session régulière) à 4.3 (session allongée de 85 périodes [soit 160 périodes au total]). Pour ce qui est de la partie symétrique (les plus faibles), le coefficient de démobilisation est passé de 0.4 à 1.1.

Une telle hausse de la démobilisation inquiète au plus haut point. En effet, l'allongement démesuré des activités pédagogiques produit chez les plus forts, c'est-à-dire la majorité de ceux qui réussissent du premier coup, une démobilisation d'environ 20 fois plus importante (antilog_2 4.3) que celle d'un étudiant moyen dont l'ambition ne consiste qu'à atteindre la limite de passage !

Conclusion de la troisième partie

L'analyse précédente révèle que, dans la réalité, il est encore beaucoup plus difficile d'augmenter le taux de réussite que ne le prévoit le modèle mathématique appliqué à une distribution gaussienne. De plus, les inconvénients sont décuplés. En effet, la démobilisation des meilleurs étudiants atteint des niveaux tout à fait inacceptables.

Conclusion de l'étude

Le but de la présente étude visait à déterminer, à l'aide d'un modèle mathématique fondé sur la courbe d'apprentissage et différents types de distributions statistiques, s'il est réaliste de songer à accroître le taux de réussite au Collégial.

La première partie montre qu'il est possible, en principe, d'augmenter à volonté le taux de réussite pourvu qu'on augmente la quantité d'activités pédagogiques. En pratique cependant, dès qu'on veut hausser d'une manière significative le taux de réussite, il faut augmenter d'une façon très importante la quantité d'activités pédagogiques. Il est à se demander s'il vaut vraiment la peine d'investir autant d'efforts pour obtenir l'augmentation souhaitée.

La deuxième partie montre un inconvénient sérieux découlant de la tentative de récupération des moins bons étudiants en vue de rehausser le taux de réussite. Cet inconvénient s'accroît très rapidement au fur et à mesure qu'on cherche à hausser le taux de réussite. Bref, ce malaise certain s'intensifie avec l'accroissement des efforts déployés.

La troisième partie montre que, en réalité, les efforts et les inconvénients relatifs à l'augmentation du taux de réussite sont encore beaucoup plus importants que ne le dicte le modèle mathématique fondé sur la seule distribution gaussienne des notes.

Commentaires et recommandations

La conclusion qui précède est éloquente. Selon le modèle décrit dans cette étude, il ne semble pas réaliste de chercher à augmenter le taux de réussite dans les CEGEP.

La présente étude repose sur un modèle mathématique appliqué à l'apprentissage tel que compris par beaucoup de professeurs expérimentés dans l'enseignement des disciplines scientifiques et techniques.

On pourrait peut-être imaginer une autre solution pour hausser le taux de réussite sans affecter le niveau de démobilisation des meilleurs étudiants. Cette solution consisterait à regrouper les étudiant les plus faibles, puis à ajuster le rythme des activités pédagogiques en conséquence. Ne reviendrait-on pas, ce faisant, au rétablissement des voies enrichies, régulières et allégées, tant décriées par suite de la soi-disant discrimination qui en aurait résulté au cours secondaire?

Il est à se demander cependant si le concept de voies graduées, au niveau collégial, pourrait solutionner le problème du taux de réussite. Sachant que le nombre d'étudiants qui échouent est moins important que celui de ceux qui réussissent, la formation de tels groupes ne serait possible que dans les collèges populeux et, de plus, il n'y aurait pas de bénéfice proportionné à une telle action. Ensuite, il n'est pas prouvé que les petits groupes seraient suffisamment homogènes pour obtenir les résultats escomptés. La multiplicité des causes entravant le bon fonctionnement des étudiants faibles, insérés dans des groupes réguliers, ne disparaîtrait pas automatiquement par la formation de groupes spécifiques.

Vouloir augmenter à tout prix le taux de réussite, malgré les conclusions de la présente étude, témoigne d'une vision distordue de la réalité. Il est certes louable d'entretenir un tel rêve, mais ce dernier s'apparente davantage à l'attitude de certains bricoleurs ingénieux cherchant encore à inventer le mouvement perpétuel ou quelque hypothétique carburateur capable de porter la consommation des automobiles à plusieurs centaines de kilomètres par litre. Quant au rêve chimérique du mouvement perpétuel, il tire sa survie de l'ignorance des lois physiques. Pour ce qui est du carburateur-miracle, aucun ingénieur n'y croit !

Contrairement à ce que trop d'idéalistes ont déjà cru, il n'existe pas de voie royale pour enseigner, ni pour apprendre. A titre l'exemple, les retombees actuelles de la révolution audio-visuelle sont beaucoup plus sombres que les prévisions initiales l'avaient laissé entrevoir. Le grand rêve projete s'est terni aussitôt après les prises de profit des marchands de quincaillerie (et la distribution des pots-de-vin ...).

Peut-être trouvera-t-on enfin des techniques miraculeuses pour accroître le taux de réussite. Après tout, certains optimistes irréductibles croient fermement qu'on pourra un jour fabriquer des comprimés procurant la longévité, l'égalité, voirele bonheur même.

S'il est indéniable qu'on ne doive pas pour autant capituler en regard de l'accroissement du taux de réussite, il ne faut pas perdre de vue que la solution à ce problème ne concerne pas en priorité les professeurs, quoiqu'en dise le rapport du Conseil des Collège. Un bon nombre des recommandations décrites dans la quatrième partie du rapport du Conseil des Collèges sont trop vagues, et trop difficilement quantifiables, pour pouvoir être respectées et évaluées. On semble ne pas prendre en compte la tâche principale des professeurs qui consiste à enseigner. Vouloir trop engager la responsabilité des professeurs dans cette affaire est une indication de la profonde méconnaissance du rôle de ceux-ci.

Les éléments de solutions proposés par le Conseil des Collèges sont trop parcellaires pour être véritablement fonctionnels. On y lance un avertissement de cesser toute dénonciation des carences de la formation acquise au Secondaire, mais c'est aux professeurs de CEGEP qu'on demande d'atténuer le choc de la transition Secondaire-Collégial, tout en maintenant le haut niveau de la qualité de l'enseignement post-secondaire. Que veut-on dire au juste, et où veut-on en venir? Cela fait penser au discours, encore d'actualité, sur l'importance de la motivation en regard du succès scolaire.

Lorsqu'un étudiant ne réussit pas, on a l'habitude d'expliquer son échec par un manque de motivation. Lorsque plusieurs étudiants ne réussissent pas, on blâme le professeur de ne pas savoir "motiver" ceux-ci. Le discours relié à la motivation que le professeur doit communiquer à ses étudiants porte à faux. La motivation est une attitude résultant d'un ensemble complexe de dispositions de l'esprit, habituellement étrangères à l'action des professeurs. On a tendance à considérer la motivation tantôt comme cause, tantôt comme conséquence, selon les besoins du moment. Ne dit-on pas qu'un étudiant qui réussit est un étudiant motivé? La motivation devient alors, pour cet étudiant, une conséquence du succès. Pourquoi le concept de

motivation, **conséquence** de la réussite d'un étudiant, devient-il la **cause** d'un échec chez un autre étudiant? Pourquoi le mérite de la motivation revient-il à l'étudiant qui réussit alors que l'absence de celle-ci, chez l'étudiant qui échoue, est redevable au professeur?

Au fait, est-il aussi important que cela que tous les étudiants réussissent? Il est évident que ceux qui réussissent acquièrent des avantages intéressants. Si tous les étudiants réussissaient, serait-il encore aussi avantageux que cela de réussir? N'est-ce pas parce que la réussite n'est pas automatique, ni universelle, qu'elle devient aussi désirable? La réussite, prescrite par une loi, à la manière de la non-discrimination, serait-elle aussi souhaitable qu'elle l'est maintenant?

L'importance qu'on semble accorder à l'augmentation inconditionnelle du taux de réussite ne provient-elle pas de la méconnaissance du rôle dévolu aux institutions d'enseignement? N'a-t-on pas tendance à accorder trop d'importance à la fréquentation scolaire, et un rôle trop exclusif à la formation dispensée, surtout au niveau collégial ?

La principale recommandation qui se dégage de la réflexion, consécutive à la présente étude, consiste à cesser de vouloir augmenter à tout prix le taux de réussite. Une telle attitude exerce une pression à la baisse sur les exigences reliées à la réussite. Le taux de réussite actuel, quoique jugé trop bas par certains, est probablement un peu plus élevée qu'il ne le devrait. Cette constatation tire sa justification du fait que les professeurs ont tendance à créditer les étudiants d'une note d'appoint correspondant à la valeur de la marge d'incertitude entachant la note vraie. Cette façon de faire n'est pas nécessairement mauvaise en soi, car elle vise à ne pas causer de préjudice aux étudiants marginaux par suite de l'aspect aléatoire de la mesure. Par contre, ceci prête à des abus involontaires chez les professeurs moins articulés du point de vue de la docimologie.

Puisse la présente étude inciter ceux qui se préoccupent d'un quelconque problème à ne jamais omettre l'aspect quantitatif relié à celui-ci. L'élaboration d'un modèle pertinent constitue un premier pas vers la création d'un outil d'analyse puissant. Il est bien entendu que tout modèle est une simplification de la réalité, mais ce n'est qu'à ce prix qu'on peut réussir à départager l'essentiel de l'accessoire. Il ne faut pas perdre de vue que si les ponts ne s'écroulent pas, et que les avions continuent à voler, c'est parce qu'on recourt constamment à de tels modèles.